



TUGAS AKHIR – ME 141501

**STUDI PERHITUNGAN *DEGAUSSING SYSTEM*
UNTUK MEREDUKSI SIFAT KEMAGNETAN DARI
WAHANA BENAM**

**Anggela Wahyu Kurniawan
N.R.P. 4214 106 011**

Dosen Pembimbing

**Juniarko Prananda, ST., MT.
Ir. Sardono Sarwito, M.Sc.**

**Departemen Teknik Sistem Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2017**

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



FINAL PROJECT – ME 141501

**STUDY OF CALCULATION OF DEGAUSSING
SYSTEM FOR REDUCTING MAGNETIC FIELD
FROM SUBMERSIBLE**

**Anggela Wahyu Kurniawan
N.R.P. 4214 106 011**

Advisor

**Juniarko Prananda, ST., MT.
Ir. Sardono Sarwito, M.Sc.**

**Department of Marine Engineering
Faculty of Marine Engineering
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya
2017**

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LEMBAR PENGESAHAN

STUDI PERHITUNGAN *DEGAUSSING SYSTEM* UNTUK MEREDUKSI SIFAT KEMAGNETAN DARI WAHANA BENAM

TUGAS AKHIR

**Diajukan Guna Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada**

**Bidang Studi Marine Electrical and Automation System
Departemen Teknik Sistem Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember**

Oleh :

**ANGGELA WAHYU KURNIAWAN
N.R.P. 4214.106.011**

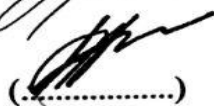
Disetujui Oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir

**Juniarko Prananda, ST., MT.
NIP. 1990 0605 2015 04 1001**



(.....)

**Ir. Sardono Sarwito., M.Sc.
NIP. 1960 0319 1987 01 1001**



(.....)

SURABAYA, JANUARI 2017

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LEMBAR PENGESAHAN

STUDI PERHITUNGAN *DEGAUSSING SYSTEM* UNTUK MEREDUKSI SIFAT KEMAGNETAN DARI WAHANA BENAM

TUGAS AKHIR

Diajukan Guna Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada
Bidang Studi Marine Electrical and Automation System
Departemen Teknik Sistem Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

ANGGELA WAHYU KURNIAWAN
N.R.P. 4214.106.011

Disetujui Oleh

Kepala Departemen Teknik Sistem Perkapalan



Dr. Eng. M. Badrus Zaman, ST., MT.

NIP. 1977 0802 2008 01 1007

Surabaya, Januari 2017

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

ABSTRAK

Name : Anggela Wahyu Kurniawan
NRP : 4214 106 011
Dosen Pembimbing I : Juniarko Prananda, ST., MT.
NIP. 1990 0605 2015 04 1001
Dosen Pembimbing II : Ir. Sardono Sarwito, M.Sc.
NIP. 1960 0319 1987 01 1001

Semakin pesatnya perkembangan teknologi maritim di dunia membuat Indonesia juga semakin memperhatikan perkembangan teknologi maritimnya, seperti pada wahana benam salah satunya adalah *degaussing system*, teknologi ini yang harus dimiliki oleh kapal agar kapal tersebut bisa terhindar dari perlengkapan ledak berbahaya yang terdapat di dalam laut . *Degaussing system* adalah suatu sistem yang di gunakan pada bagian logam atau perangkat elektronik yang beresiko medan magnetik. sistem ini digunakan untuk menghindarkan kapal dari peralatan berbahaya di dalam laut yang dapat memicu ledakan dan kerusakan yang memanfaatkan medan magnet sebagai sensor pendeteksi logam ketika kapal sedang melakukan penyelaman. Untuk itu penulis akan merencanakan perancangan degaussing sistem dengan melakukan perhitungan *degaussing system* agar bisa mereduksi sifat kemagnetan dari Wahana Benam dimana didapatkan penggunaan *Coil Degaussing* sepanjang 214,5 meter, diameter 0,2 , dengan 500.000 Lilitan yang akan menghasilkan arus sebesar 0,0157 Ampere untuk menghasilkan medan magnet 0,0787 Tesla.

Kata kunci : Magnet, Degaussing, Wahana benam

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

ABSTRACT

Name : Anggela Wahyu Kurniawan
NRP : 4214 106 011
1st Advisor : Juniarko Prananda, ST., MT.
NIP. 1990 0605 2015 04 1001
2nd Advisor : Ir. Sardono Sarwito, M.Sc.
NIP. 1960 0319 1987 01 1001

The rapid development of maritime technology in the world makes Indonesia also increasing the development of maritime technology, such as in a Submersible Vehicle that is degaussing system, this technology should be owned by the vessel so that the vessel can avoid dangerous explosive equipment in the sea. Degaussing is a system that use on the metal parts or electronic devices that are at risk of a magnetic field. This system is used to prevent the vessel from dangerous equipment in the sea which can trigger an explosion and damage, this system utilize the magnetic fields as a metal-detection sensor when the boat was diving. To the authors will plan the design degaussing system, and calculating the system in order to reduce the magnetic properties of the Submersible Vehicle, which were obtained by using Degaussing Coil along 214,5 meters, 0,2 of diameter, with 500.000 coil that will generate 0,0157 Ampere's current, and generate 0.0787 Tesla magnetic field.

Keywords : Magnet, Degaussing, Submersible Vehicle

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Wr. Wb.

Puji syukur saya ucapkan kehadirat Alloh SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya sehingga saya mampu menyelesaikan skripsi ini dengan baik. Shalawat serta salam tidak lupa saya ucapkan ke junjungan Nabi besar Muhammad Rosululloh SAW.

Penyusunan skripsi ini bertujuan untuk memenuhi salah satu persyaratan memperoleh gelar Sarjana Teknik (S.T.) di Departemen Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Maka dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada :

- Bpk. DR. Eng. M. Badrus Zaman, ST.,MT. selaku Kepala Departemen Teknik Sistem Perkapalan.
- Bpk. Dhimas Widhi H, ST., M.Sc. Selaku Dosen wali.
- Bpk. Juniarko Prananda, ST., MT. selaku Dosen Pembimbing I.
- Bpk. Ir. Sardono Sarwito, M.Sc. selaku Dosen Pembimbing II.
- Bpk. Ir. Indra Cahya yang telah memberikan banyak ilmunya
- Ibunda tercinta Dewi Masithoh, orang tua saya yang selalu mendoakan, mendukung dan membiayai kuliah saya.
- Teman seperjuangan Lintas Jalur Teknik Sistem Perkapalan angkatan 2014 semester ganjil.
- Serta seluruh orang yang mendukung terselesaikannya skripsi ini.

Semoga dengan selesainya Tugas Akhir ini dapat menambah wawasan serta ilmu yang bermanfaat bagi para pembaca sekalian.

Akhir kata terima kasih.

Wassalamualaikum Wr. Wb.

Surabaya,
Penyusun.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR ISI

Lembar Pengesahan	i
Abstrak	v
Abstract	vii
Kata Pengantar	ix
Daftar Isi	xi
Daftar Gambar	xv
Daftar Tabel	xvii

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Skripsi	2
1.4 Batasan Masalah	2
1.5 Manfaat	3

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Medan Magnet	5
2.2 Hukum Coulomb	6
2.3 Potensial Listrik	8
2.4 Medan Magnet oleh Arus Listrik	9
2.4.1 Medan Magnet di Sekitar Kawat Lurus Berarus Listrik	9
2.4.2 Medan Magnet Sebuah Kumparan	11
2.5. Fluks	14
2.6. Hukum Gauss	17

2.7. Konduktor dan Isolator	18
2.8. Kapal di Medan Magnet	19
2.9 <i>Degaussing System</i>	22
2.10 Macam-macam <i>Degaussing System</i>	23
2.11. Wahana benam	26
BAB III METODOLOGI	
3.1. Identifikasi dan Perumusan Masalah	31
3.2. Studi Literatur	31
3.3. Pengumpulan Data	31
3.4. Perhitungan System	31
3.5. Analisa Data	32
3.5. Kesimpulan dan Saran	32
BAB IV PEMBAHASAN DAN ANALISA	
4.1 Perhitungan Medan Magnet	33
4.1.1. Medan Magnet Bumi	33
4.1.2. Medan Magnet yang di Timbulkan oleh Perlengkapan Listrik pada Wahana benam	33
4.2. Perhitungan Degaussing System	37
4.2.1. Perhitungan Kebutuhan Arus Listrik untuk Degaussing System	37
4.2.2. Perhitungan Inti Coil <i>Degaussing</i>	45
4.2.3. Perhitungan Panjang Kawat Tembaga <i>Degaussing</i>	45
4.2.4. Perhitungan Diameter Kawat Tembaga <i>Degaussing</i>	46
4.2.5. Perhitungan Berat Instalasi <i>Degaussing System</i>	46

4.3 Instalasi <i>Degaussing System</i>	47
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1 Kesimpulan	51
5.2 Saran	51
DAFTAR PUSTAKA	53
BIODATA	55
LAMPIRAN	

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Arah Muatan Listrik	7
Gambar 2.2. Arah Muatan Listrik	7
Gambar 2.3. Penyimpangan Magnet Kompas	10
Gambar 2.4. Medan Magnet di Sekitar Kawat Berarus Listrik	10
Gambar 2.5. Medan Magnet Sebuah Kumparan	11
Gambar 2.6. Toroida	13
Gambar 2.7. Fluks Listrik	14
Gambar 2.8. Fluks Listrik yang Menembus Permukaan	17
Gambar 2.9. Konduktor dan Isolator	19
Gambar 2.10. Gangguan Medan Magnet Bumi pada Kapal	20
Gambar 2.11. Arah Medan Magnet pada Kapal	21
Gambar 2.12. Komponen Magnet Kapal	22
Gambar 2.13. Ilustrasi Jenis Kumparan Degaussing	24
Gambar 3.1. Flow Chart Tugas Akhir	30
Gambar 4.1. Medan Magnet Bumi	33
Gambar 4.2. Grfik arus yang mengalir pada kumparan untuk variasi diameter dan lilitan	42
Gambar 4.3. Wiring Diagram Degasussing System	46

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1. Arus yang mengalir pada kumparan untuk variasi diameter dan lilitan	42
---	----

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia yang memiliki lautan yang luas dimana dahulu Indonesia pernah di jajah dan dijadikan medan peperangan, sehingga sisa dari peperangan tersebut masih banyak tersisa di lautan Indonesia yang dapat membahayakan wahana benam saat melakukan penyelaman. biasanya perlengkapan berbahaya tersebut ini banyak terdapat pada daerah perbatasan antar negara dan terdapat banyak perlengkapan berbahaya yang mengaktifkannya memanfaatkan medan magnet. Oleh karena itu, *Degaussing System* sangat di perlukan untuk menghilangkan medan magnet yang di timbulkan oleh perlengkapan kelistrikan yang ada pada wahana benam dan medan magnet yang di hasilkan oleh bumi..

Degaussing System adalah sebuah sistem yang dirancang untuk menghilangkan medan magnet dari kapal. Dengan di aplikasikannya *degaussing system* pada wahana benam, maka wahana benam tersebut akan menjadi sebuah kapal yang memiliki kemampuan untuk menolak deteksi medan magnet yang ada di sekitarnya, baik medan magnet yang berasal dari bumi maupun medan magnet yang di hasilkan oleh peralatan – peralatan lain yang dapat menyebabkan kerusakan fisik pada wahana benam ketika sedang melakukan penyelaman bawah laut.

Diharapkan dengan menggunakan *degaussing system* pada wahana benam akan mengurangi efek kemagnetan pada logam, sehingga akan meminimalisir

wahana benam terkena pelengkapan – perlengkapan berbahaya yang memanfaatkan sistem kerja magnetic sebagai pemicunya yang ada di laut dimana perlengkapan tersebut menimbulkan kerusakan pada lambung dan bagian kapal lainnya.

Studi ini akan sangat membantu dalam perhitungan dalam perancangan metode *degaussing system* pada wahana benam

1.2 Perumusan Masalah

1. Bagaimana menentukan nilai atau besar medan magnet yang dihasilkan oleh kapal ?
2. Bagaimana Instalasi *degaussing system* yang sesuai untuk wahana benam ?

1.3 Tujuan Skripsi

Secara umum pengerjaan Tugas Akhir ini nantinya bertujuan :

1. Mengetahui keefektifan *degaussing system* dalam menghilangkan medan magnet pada kapal.
2. Menghitung kebutuhan teknis dari instalasi *degaussing system*.

1.4 Batasan Masalah

Untuk memperjelas proses pengerjaan dan mempermudah pemahaman dari masalah yang diungkapkan, maka berikut batasan masalah yang diperlukan :

1. Dalam Tugas Akhir ini nantinya hanya sebatas menghitung medan magnet untuk *degassing system* pada wahana benam.
2. Tidak memperhitungkan dari segi ekonomisnya.
3. Tugas akhir ini hanya pada proses perhitungan *degaussing system* tanpa melakukan perancangan dan desain instalasi pada wahana benam.

1.5 Manfaat

Adapun manfaat yang diperoleh dari pengerjaan Tugas Akhir ini diantaranya:

1. Mengetahui keefektifan *degaussing system* dalam menghilangkan medan magnet pada kapal.
2. Menghitung kebutuhan teknis dari instalasi *degaussing system*.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Medan Magnet

Medan magnet diartikan sebagai daerah (ruang) disekitar magnet yang masih dipengaruhi oleh gaya magnet. magnet sering diartikan sebagai benda yang dapat menarik benda lain. Jika sepotong besi ditempatkan dekat magnet alam, maka besi akan mempunyai sifat magnet seterusnya, dan jika besi magnet ini digantung bebas, maka besi magnetik akan menempatkan diri dalam arah utara-selatan. Kutub magnet yang mengarah utara disebut kutub selatan dan kutub magnet yang mengarah ke selatan disebut kutub utara. Hal ini disebabkan kutub magnet bumi berlawanan dengan arah dengan kutub bumi. Besaran yang menyatakan tentang medan magnet di sebut Induksi Magnet (diberi lambang B). Induksi magnet sering disebut rapat fluks magnet, kuat medan magnet atau intensitas medan magnet. Induksi magnet merupakan besaran vektor yang memiliki nilai dan arah.

Dua kutub magnet sejenis yang saling didekatkan akan tolak menolak, dan dua kutub magnet tak sejenis akan saling tarik menarik. faraday menggambarkan arah gaya nagnetik dengan garis gaya magnet. Garis gaya megnetik ke luar dari kutub utara dan masuk ke kutub selatan. Arah medan magnet di suatu titik pada garis gaya magnet merupakan garis singgung pada titik tersebut.

2.2 Hukum Coulomb

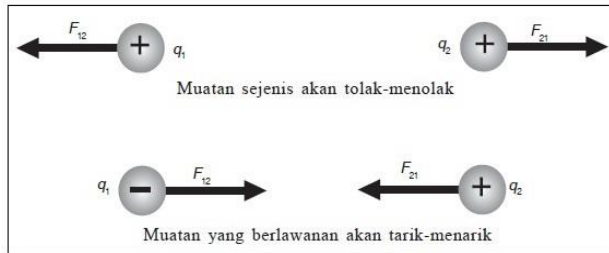
Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh seorang ahli Fisika Prancis, Charles Augustin Coulomb (1736-1806) disimpulkan bahwa: *“besarnya gaya tarik menarik atau tolak-menolak antara dua benda bermuatan listrik (yang kemudian disebut gaya Coulomb) berbanding lurus dengan muatan masing-masing benda dan berbanding terbalik dengan kuadrat jarak antara kedua benda tersebut”*

Besarnya gaya oleh suatu muatan terhadap muatan lain telah dipelajari oleh Charles Augustin Coulomb. Peralatan yang digunakan pada eksperimennya adalah neraca puntir yang mirip dengan neraca puntir yang digunakan oleh Cavendish pada percobaan gravitasi. Bedanya, pada neraca puntir Coulomb massa benda digantikan oleh bola kecil bermuatan.

Untuk memperoleh muatan yang bervariasi, Coulomb menggunakan cara induksi. Sebagai contoh, mula-mula muatan pada setiap bola adalah q_0 , besarnya muatan tersebut dapat dikurangi hingga menjadi $\frac{1}{2}q_0$ dengan cara membumikan salah satu bola agar muatan terlepas kemudian kedua bola dikontakkan kembali. Hasil eksperimen Coulomb menyangkut gaya yang dilakukan muatan titik terhadap muatan titik lainnya.

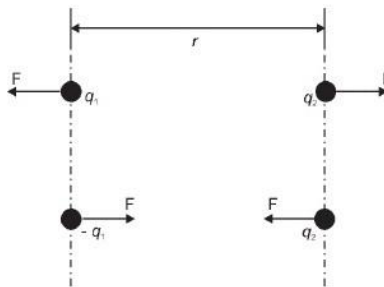
Jika kedua muatan merupakan muatan sejenis maka gaya yang bekerja bersifat tolak-menolak. Jika kedua muatan mempunyai tanda yang berlawanan, gaya yang bekerja bersifat tarik-menarik.

Metode Jembatan Wheatstone adalah susunan komponen-komponen elektronika yang berupa resistor dan catu daya seperti tampak pada gambar berikut:



Gambar 2.1. Arah Muatan Listrik

Gaya coulomb menyatakan bahwa muatan listrik yang sejenis tolak-menolak, sedangkan muatan listrik tak sejenis tarik-menarik seperti terlihat pada gambar diatas.



Gambar 2.2. Arah Muatan Listrik

gambar diatas yang menggambarkan dua buah benda bermuatan listrik q_1 dan q_2 terpisah pada jarak r . Apabila kedua benda bermuatan listrik yang sejenis, kedua benda tersebut akan

saling tolak-menolak dengan gaya sebesar F dan jika muatan listrik pada benda berlainan jenis, akan tarik-menarik dengan gaya sebesar F .

Pernyataan Charles Augustin Coulomb (1736-1806) yang kemudian dikenal dengan Hukum Coulomb yang dinyatakan dalam persamaan :

$$F = k \frac{q_1 q_2}{r^2}$$

di mana :

F = Gaya Coulomb (Newton)

k = bilangan konstanta = $\frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 9 \cdot 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2$

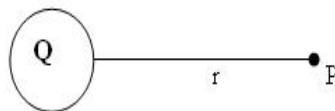
q_1, q_2 = muatan listrik pada benda 1 dan 2 (Coulomb/C)

r = jarak antara dua muatan listrik (m)

2.3 Potensial Listrik.

Potensial listrik merupakan besarnya energi potensial listrik pada setiap satu satuan muatan. Potensial listrik dilambangkan dengan V , dengan satuannya adalah Volt atau Joule /Coulomb potensial listrik juga merupakan besaran skalar yang berkaitan dengan kerja dan energi potensial pada medan listrik. potensial listrik dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$V = \frac{E_p}{q}$$



Besar Potensial Listrik Di Titik P ialah:

$$V = EP/q = kqQ/qr .$$

$$V = k \frac{Q}{r}$$

Keterangan :

V = Potensial listrik di titik p(V)

Q = muatan Listrik

r = jarak titik p dengan muatam Q (m)

2.4 Medan Magnet Oleh Arus Listrik

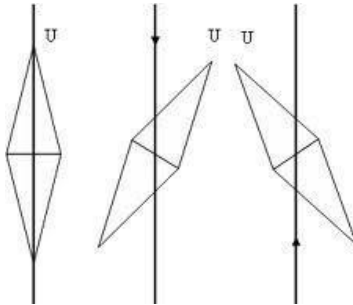
Medan Magnet di Sekitar Kawat Lurus Berarus Listrik dan medan magnet sebuah kumparan, medan magnet disekitar kawat berarus listrik, gaya lorentz pada kawat berarus listrik.

2.4.1 Medan Magnet di Sekitar Kawat Lurus Berarus Listrik

Seorang ahli Ilmu Pengetahuan Alam yang juga guru besar pada Universitas Kopenhagen yang bernama Hans Christian Oersted (1777 – 1851) dalam penyelidikannya telah menemukan bahwa di sekitar arus listrik terdapat medan magnet. Dan di simpulkan bahwa :

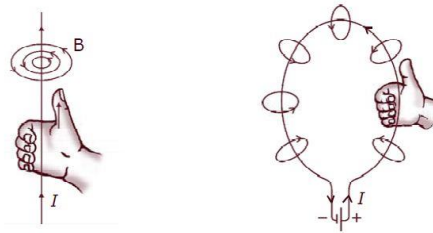
- a. Di sekitar arus listrik terdapat medan magnet.

- b. Arah medan magnet (garis-garis gaya magnet) bergantung pada arah arus listrik
- c. Besar medan magnet dipengaruhi oleh kuat arus dan jarak terhadap kawat.



Gambar 2.3. Penyimpangan Magnet Kompas

Untuk menentukan arah garis gaya magnet di sekitar penghantar lurus yang dialiri arus listrik agar lebih mudah digunakan kaidah tangan kanan



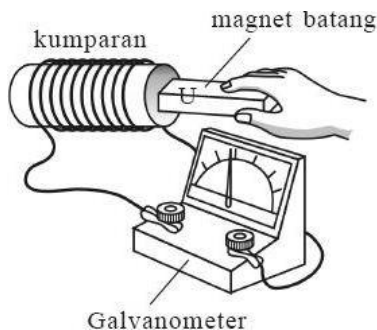
Gambar 2.4. Medan Magnet di Sekitar Kawat Berarus Listrik

Jika ibu jari menunjukkan arah arus (I), maka arah garis gaya magnet dinyatakan oleh jari-jari yang menggenggam (B),

Cara ini dapat digunakan untuk menentukan arah garis-garis gaya di sekitar penghantar yang bentuknya lain.

2.4.2 Medan Magnet Sebuah Kumparan

Pengaruh medan magnet yang dihasilkan oleh sebuah penghantar arus terhadap benda yang ada di sekitarnya sangat kecil. Hal ini disebabkan medan magnet yang dihasilkan sangat kecil atau lemah. Agar mendapatkan pengaruh medan yang kuat, penghantar itu harus digulung menjadi sebuah kumparan. Pada kumparan, medan magnet yang ditimbulkan oleh lilitan yang satu diperkuat oleh lilitan yang lain. Apabila kumparan itu panjang disebut solenoida.



Gambar 2.5. Medan Magnet Sebuah Kumparan

Apabila di dalam kumparan diberi inti besi lunak maka pengaruh kemagnetannya menjadi jauh lebih besar. Karena kumparan yang dililitkan pada inti besi lunak akan menimbulkan sebuah magnet yang kuat. Pengaruh hubungan antara kuat arus dan medan magnet disebut elektromagnet atau magnet listrik.

Hal ini ditemukan pertama kali oleh Hendrik Antoon Lorentz. Gaya Lorentz terjadi apabila kawat penghantar berarus listrik berada di dalam medan magnetik. Besar gaya Lorentz bergantung pada besar medan magnetik, panjang penghantar, dan besar arus listrik yang mengalir dalam kawat penghantar. Untuk arah aliran arus listrik tegak lurus terhadap arah medan magnet, gaya Lorentz dapat dinyatakan dengan:

$$\mathbf{F} = \mathbf{B} \times \mathbf{I} \times \mathbf{l}$$

Keterangan:

F = gaya Lorentz pada kawat (N)

B = medan magnet (Tesla)

I = arus listrik (A)

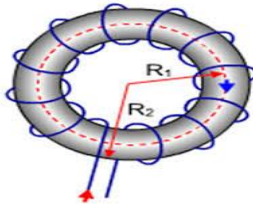
Keuntungan Magnet Listrik adalah :

- a. Sifat kemagnetannya sangat kuat.
- b. Kekuatan magnet itu dapat diubah-ubah dengan mengubah kuat arus.
- c. Kemagnetannya dapat dihilangkan dengan memutuskan arus listrik.

Magnet listrik dibuat dalam berbagai bentuk, antara lain: berbentuk huruf U, berbentuk batang, berbentuk silinder, dan lingkaran. Di antara bentuk-bentuk magnet listrik tersebut yang paling kuat daya tarik magnetnya adalah yang berbentuk U.

Toroida adalah sebuah solenoida yang dilengkungkan sehingga berbentuk lingkaran kumparan. Toroida adalah

kumparan yang terdiri dari N lilitan kawat yang berbentuk seperti kue donat. Dengan menganggap kawat tersusun rapat, kita dapat menghitung medan magnet di dalam toroida, dengan jarak r dari titik pusat



Gambar 2.6. Toroida

Besarnya medan magnet ditengah-tengah Toroida (pada titik-titik yang berada pada garis lingkaran merah) dapat dihitung

$$B = \frac{\mu_0 i N}{2\pi a}$$

B_0 = Medan magnet dititik ditengah-tengah Toroida dalam **tesla** (T)

N = jumlah lilitan pada Solenoida dalam **lilitan**

I = kuat arus listrik dalam **ampere** (A)

a = rata-rata jari2 dalam dan jari-jari luar toroida dengan satuan **meter** (m)

$a = \frac{1}{2} (R_1 + R_2)$

2.5 Fluks

Fluks Listrik didefinisikan sebagai perkalian medan listrik (E) dengan luasan yang dilaluinya (A) :

$$\Phi = E A$$

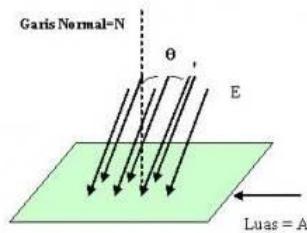
dengan:

Φ = fluks listrik ($N \cdot m^2/C$)

E = medan listrik

A = luasan (m^2)

karena medan listrik ini berbanding lurus dengan jumlah garis gaya per luas satuan, maka fluks ini akan berbanding lurus dengan jumlah garis gaya medan yang melewati luasan tersebut. Maka :



Gambar 2.7. Fluks Listrik

$$\Phi = E \cdot n A = E A \cos \theta = E_n A$$

Dengan $E_n = E \cdot \cos \theta$ adalah komponen dari vektor medan listrik yang tidak tegak lurus, atau normal terhadap permukaan tersebut. Dan θ adalah sudut antara garis E dengan garis normal

kita dapat menggeneralisasi definisi fluks ini terhadap permukaan lengkung yang medan listriknya dapat memiliki besar serta arah yang berubah-ubah dengan membagi permukaan tersebut menjadi sejumlah besar elemen yang sangat kecil. Jika ukurannya cukup kecil, maka masing-masing elemen tersebut dapat dianggap sebagai bidang, variasi nilai medan listrik antara elemen-elemen tersebut dapat diabaikan.

Misal \hat{n}_i adalah vektor satuan yang tegak lurus terhadap elemen ke- i dan ΔA_i adalah luasnya. Fluks untuk medan listrik yang melewati elemen ini adalah:

$$\Delta \Phi_i = E \cdot \hat{n}_i \Delta A_i$$

fluks total yang melewati permukaan ini adalah jumlah dari $\Delta \Phi_i$ terhadap semua elemen tersebut. Dalam bentuk limitnya begitu jumlah elemen ini mendekati tak hingga dan luas setiap elemennya mendekati nol, maka jumlah ini akan menjadi sebuah integral.

Definisi umum fluks listrik ini dengan demikian akan menjadi:

$$\Phi = \lim_{\Delta A_i \rightarrow 0} \sum E \cdot \hat{n}_i \Delta A_i = \int E \cdot \hat{n} \, dA$$

$$\Delta A_i \rightarrow 0$$

$$\Phi = E \cdot \hat{n} A = E A \cos \theta = E_n A$$

dengan $E_n = E \cdot n$ adalah komponen dari vektor medan listrik yang tidak tegak lurus, atau normal terhadap permukaan tersebut.

kita dapat menggeneralisasi definisi fluks ini terhadap permukaan lengkung yang medan listriknya dapat memiliki besar serta arah yang berubah-ubah dengan membagi permukaan tersebut menjadi sejumlah besar elemen yang sangat kecil. Jika ukurannya cukup kecil, maka masing-masing elemen tersebut dapat dianggap sebagai bidang, variasi nilai medan listrik antara elemen-elemen tersebut dapat diabaikan.

Misal \hat{n}_i adalah vektor satuan yang tegak lurus terhadap elemen ke- i dan ΔA_i adalah luasnya. Fluks untuk medan listrik yang melewati elemen ini adalah:

$$\Delta\Phi_i = E \cdot \hat{n}_i \Delta A_i$$

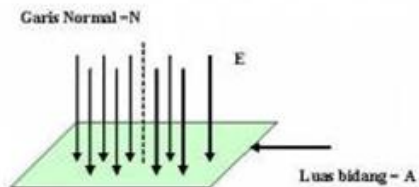
fluks total yang melewati permukaan ini adalah jumlah dari $\Delta\Phi_i$ terhadap semua elemen tersebut. Dalam bentuk limitnya begitu jumlah elemen ini mendekati tak hingga dan luas setiap elemennya mendekati nol, maka jumlah ini akan menjadi sebuah integral.

Definisi umum fluks listrik ini dengan demikian akan menjadi:

$$\Phi = \lim_{\Delta A_i \rightarrow 0} \sum E \cdot \hat{n} \Delta A_i = \int E \cdot \hat{n} dA$$

Fluks berkaitan dengan besaran medan yang “menembus” dalam arah yang tegak lurus suatu permukaan tertentu. Fluks listrik menyatakan medan listrik yang menembus dalam arah

tegak lurus suatu permukaan. Ilustrasinya akan lebih mudah dengan menggunakan deskripsi visual untuk medan listrik (yaitu penggambaran medan listrik sebagai garis-garis). Dengan penggambaran medan seperti itu (garis), maka fluks listrik dapat digambarkan sebagai banyaknya “garis” medan yang menembus suatu permukaan. Perhatikan gambar di bawah:



Gambar 2.8. Fluks Listrik yang Menembus Permukaan

2.6 Hukum Gauss

Hukum Gauss adalah hukum yang menentukan besarnya sebuah fluks listrik yang melalui sebuah bidang. Hukum Gauss menyatakan bahwa besar dari fluks listrik yang melalui sebuah bidang akan berbanding lurus dengan kuat medan listrik yang menembus bidang, berbanding lurus dengan area bidang dan berbanding lurus dengan cosinus sudut yang dibentuk fluks listrik terhadap garis normal.

Hukum ini dirumuskan oleh Carl Friedrich Gauss (1777-1855). Beliau adalah salah seorang matematikawan terbesar sepanjang masa. Banyak bidang hukum matematika yang

dipengaruhinya dan dia membuat kontribusi yang sama pentingnya untuk fisika teoritis.

Hukum Gauss berbunyi "*bahwa fluks listrik total yang melalui sembarang permukaan tertutup (sebuah permukaan yang mencakup volume tertentu) sebanding dengan muatan listrik (netto) total di dalam permukaan itu*" atau juga "*Jumlah garis medan yang menembus suatu permukaan tertutup sebanding dengan jumlah muatan listrik yang dilingkupi oleh permukaan tertutup tersebut*" dan di rumuskan sebagai berikut:

$$\Phi = \frac{q}{\epsilon_0}$$

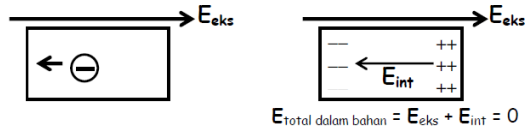
Φ = Fluks Listrik (Wiber/ Wb)

q = Muatan Listrik (Coulomb)

ϵ_0 = Permittivitas Ruang Hampa = $8,85 \times 10^{-12} \text{ C}^2 \text{ N}^{-1} \text{ m}^{-2}$

2.7 Konduktor dan Isolator

Konduktor dicirikan sebagai bahan yang mempunyai muatan bebas. Bila suatu penghantar (konduktor) diberi medan listrik maka muatan bebasnya akan mengatur diri mengikuti medan listrik eksternal tersebut hingga tercapai keadaan setimbang.



Gambar 2.9. Konduktor dan Isolator

Dengan demikian, pada keadaan setimbang (statik) kuat medan listrik di dalam konduktor adalah sama dengan nol.

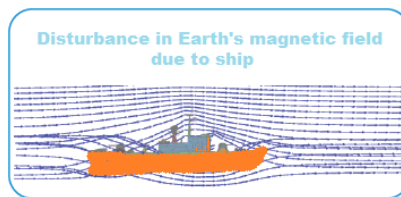
Elektron-elektron pada bahan isolator terikat kuat pada atomnya sehingga tidak dapat bergerak bebas, artinya muatan-muatan pada bahan isolator tersebar di seluruh bagian benda.

2.8 Kapal di Medan Magnet Bumi

medan magnet bumi adalah penyebab dari medan magnet permanen kapal. Proses membangun sebuah kapal di medan magnet Bumi menghasilkan jumlah yang cukup permanen-magnet yang cukup dalam struktur terapung logam.

Setiap kali ada gerakan dari struktur terapung logam, garis-garis gaya magnetik juga bergerak bersama dengan hal tersebut. Gerakan garis magnetik ini mengakibatkan penambahan atau pengurangan dari medan magnet Bumi. Dan dengan demikian kapal yang terapung di bawah momentum akan menciptakan tanda magnetic unik sendiri. Tanda magnetik ini dapat digunakan untuk memicu peralatan yang rentan terhadap magnetik. Prinsip yang sama digunakan dalam menangkal kapal musuh dalam peperangan dari ranjau magnetic terutama yang di produksi jika mendeteksi tanda magnetik.

medan magnet induksi dalam struktur terapung tergantung pada potensi medan magnet bumi dan tata letak dan arah struktur terapung w.r.t. medan magnet bumi. Seperti yang dibahas sebelumnya, magnet induksi kapal juga merupakan penyebab dari medan magnet kapal seperti magnet permanen kapal. Kapal yang biasanya struktur terapung besar terus menerus menangkai medan magnet bumi. Setiap kali konduktor bergerak dalam medan magnet, pemotongan yang garis-garis magnetik fluks. Oleh karena itu konduktor menginduksi jumlah yang cukup tegangan di dalamnya. Seperti tata letak luar kapal tidak homogen dalam struktur, itu sebabnya jumlah berbeda dari tegangan yang dilantik pada berbagai posisi di dalam tubuh kapal. Perbedaan tegangan ini menyebabkan aliran arus melalui tubuh kapal. Hal ini pada gilirannya menciptakan magnet yang dikenal sebagai magnet induksi Kapal.



Gambar 2.10. Gangguan Medan Magnet Bumi pada Kapal

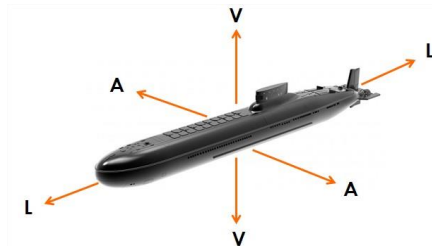
Jumlah magnetisasi permanen di kapal dapat di tentukan dari hal-hal berikut ini:

- kekuatan garis magnetik bumi di sekitar wilayah pembangunan kapal.
- Jenis logam yang digunakan untuk pembangunan struktur kapal.

- Jenis metode yang digunakan untuk pembangunan struktur kapal.
- Tata letak dan arah w.r.t. struktur kapal. Kekuatan garis magnetik bumi saat konstruksi.

medan magnet induksi ini dapat diselesaikan menjadi sebagai berikut:

- Komponen permanen bidang vertical
- Komponen permanen bidang longitudinal
- Komponen permanen bidang athwarship

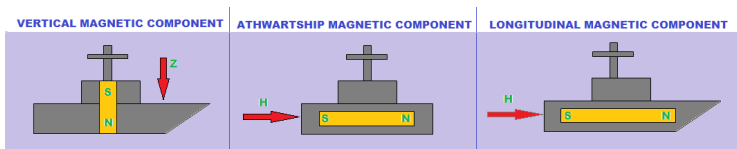


Gambar 2.11. Arah Medan Magnet pada Kapal

- **Komponen Magnet Vertikal** : komponen bidang dari magnet induksi Kapal bekerja ke bawah saat posisi kapal berada di sisi utara magnetic ekuator dan ke atas setiap kali posisi kapal berada di sisi Selatan magnetik ekuator.
- **Komponen Magnet Longitudinal** : Ketika bagian depan kapal menuju Utara / selatan, Komponen bidang Horizontal medan magnet bumi menginduksi kedepan & belakang atau komponen bidang longitudinal. Komponen bidang dari magnet induksi Kapal dikenal sebagai Komponen bidang longitudinal.

Catatan: Setiap kali komponen bidang longitudinal dan komponen bidang athwartship digabungkan bersama-sama, itu membentuk komponen bidang horizontal.

- **Komponen Magnet Athwarship:** Setiap kali bagian depan kapal berada di posisi timur, efek magnetik menggambarkan pada struktur athwarship. daerah yang di tinggalkan (Port) menjadi kutub utara dari magnet imajiner. Demikian juga, daerah yang tepat menjadi kutub selatan. Komponen bidang magnet induksi Kapal dikenal sebagai bidang komponen magnet athwarship. Kekuatan magnet yang tergantung pada sejauh mana lintang komponen bidang horisontal.



Gambar 2.12. Komponen Magnet Kapal

2.9 Degaussing System

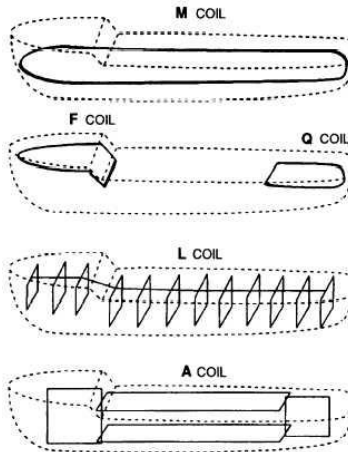
Potensi medan magnet diukur dalam hal Gauss. Dengan demikian, jika kita mendefinisikan Degaussing. Kita dapat mengatakan bahwa degaussing berarti prosedur untuk mengurangi potensi medan magnet

Setiap kapal yang terbuat dari baja atau bahan yang memiliki kerentanan magnetik seperti magnet besar yang terapung dengan medan magnet yang sangat tinggi yang

mengelilinginya. Bidang ini juga bergerak sehubungan dengan gerak kapal di dalam air. Dan, itu melawan medan magnet bumi. Akibatnya bidang resultan bumi akan berubah terus menerus dan itu bias menjadi tinggi atau rendah tergantung dari gerakan dan posisi kapal. Perubahan medan magnet bumi ini dapat di deteksi dengan mudah dengan ini, kapal laut atau tubuh logam dapat digunakan sebagai sumber pemicu untuk peralatan yang telah dirancang khusus untuk merasakan perubahan tersebut dalam medan magnet. Misalnya dibalik prinsip dasar peledakan otomatis ranjau magnetik ketika medan magnet bumi merasakan distorsi dari benda yang mendekat atau kapal yang bergerak (yang terbuat dari stainless atau logam yang rentan terhadap magnet) Proses degaussing digunakan untuk melindungi kapal dari ranjau magnet yang di letakkan oleh kapal musuh. Sistem degaussing dipasang di atas kapal untuk mengurangi efek kapal pada medan magnet bumi, untuk mencapai hal ini, medan magnet kapal "zeroised" dengan mengontrol arus listrik yang mengalir melalui kumparan degaussing di lokasi yang tepat dalam lambung kapal. Hal ini, pada waktunya, mengurangi magnet sisa kapal karena medan magnet bumi.

2.10 Macam – macam Degaussing System

instalasi degaussing kapal terdiri dari instalasi degaussing permanen koil, unit kontrol untuk mengendalikan arus kumparan, dan compass compensating peralatan untuk mencegah gangguan terhadap magnetic compasses oleh medan magnet dari kumparan degaussing. berikut jenis kumparan yang ditemukan pada instalasi degaussing.



Gambar 2.13. Ilustrasi Jenis Kumparan Degaussing

- coil utama (M) : Kumparan M mengkompensasi komponen Induksi vertikal dan permanen dari medan magnet kapal (zona Z). Hal ini dipasang pada bidang horisontal di permukaan air. Sebagai kapal perubahan belahan polaritas arus kumparan harus disesuaikan secara manual.
- Forecastle permanen - Quarterdeck kumparan permanen (FP-QP). FP-QP coil mengkompensasi komponen permanen longitudinal medan magnet kapal. FP kumparan mengelilingi sekitar 1/4 bagian depan dari kapal di bidang horizontal di dek utama. QP kumparan mengelilingi sekitar 1/4 bagian belakang dari kapal di bidang horizontal di geladak. Setiap saat koil perubahan membutuhkan penyesuaian manual.
- Induksi Forecastle , Induksi kumparan Quarterdeck (FI-QI) Terletak di area yang sama dengan kumparan FP-QP, mereka mengkompensasi komponen induksi

memanjang dari medan magnet kapal. FI-QI saat ini sebanding dengan komponen horizontal dari medan magnet bumi di sepanjang sumbu memanjang kapal. FI-QI coil saat ini diubah secara manual, dengan menggeser "zona H" switch di switchboard, ketika lokasi kapal perubahan zona H. Sistem degaussing otomatis mengkompensasi perubahan arah dengan mengkonversi sinyal masukan gyro ke arah magnetik.

- Athwartship coil (A) dipasang di bidang vertikal dan memanjang dari keel ke dek utama. Ini mengkompensasi komponen induksi athwartship dan komponen permanen athwartship untuk medan magnet kapal. A kumparan saat ini terdiri dari komponen permanen dan induksi.

Coil	Perubahan yang mempengaruhi arus coil	Karakteristik
M	Belahan Bumi	Positif di Utara, Negatif di Selatan
FP – QP	Hanya bila di perlukan oleh fasilitas peredam magnetik	Nilai di tentukan setelah kalibrasi nilai/range dan deperming awal
FI – QI	Latitude, heading, and pitch	Positif di arah Utara dan Negatif di arah selatan
A	Heading, latitude, and roll	Positif di arah Timur dan Negatif di arah Barat

2.11 Wahana benam

Wahana benam adalah kapal yang bergerak di bawah permukaan air, umumnya digunakan untuk tujuan dan kepentingan penyelaman. Selain digunakan untuk kepentingan penyelaman, wahana benam juga digunakan untuk ilmu pengetahuan laut dan air tawar dan untuk bertugas di kedalaman yang tidak sesuai untuk penyelam manusia.

Meskipun wahana benam mengapung dengan mudah, kapal itu mampu menyelam ke dasar samudra dan tetap berada di situ sampai berbulan-bulan lamanya. Rahasiannya terletak pada konstruksi khas dinding rangkap kapal tersebut. Ruang-ruang khusus kedap air (atau tangki pemberat) antara dinding luar dan dinding dalam dapat diisi air laut sehingga meningkatkan bobot keseluruhan dan mengurangi kemampuan mengapungnya. Dengan dorongan baling-baling ke depan dan pengarahannya bilah kemudi datar ke bawah, kapal itu menyelam.

Dinding dalam dari baja mampu menahan tekanan luar biasa di kedalaman. Setelah berada di dalam air, kapal mempertahankan posisinya dengan bantuan tangki-tangki pemberat sepanjang lunasnya. Untuk naik ke permukaan, wahana benam mengeluarkan air dari tangki pemberat. Periskop, radar, sonar, dan jaringan satelit merupakan alat navigasi utama kala selam.

Selagi mengapung di permukaan, sebuah wahana benam dikatakan berdaya apung positif. Tangki-tangki pemberatnya hampir tak berisi air. Selagi menyelam, kapal memperoleh daya apung negatif karena udara di tangki pemberat dikeluarkan melalui katup udara untuk digantikan air yang masuk melalui lubang penggenang. Untuk melaju pada suatu kedalaman yang

ajak, wahana benam menggunakan suatu teknik penyeimbang dengan apa yang disebut daya apung netral.

Dalam teknik ini, udara bertekanan dipompakan masuk tangki pemberat secukupnya, dan lubang penggenangnya dibiarkan terbuka. Untuk naik ke permukaan, udara bertekanan yang dibawa di kapal dipompakan masuk atangi pemberat, sehingga airnya keluar.

Wahana benam yang paling canggih membuat air tawar sendiri dari air laut. Ada pula cadangan udara yang dihasilkan dengan elektrolisis, suatu proses yang membebaskan oksigen dari air tawar.

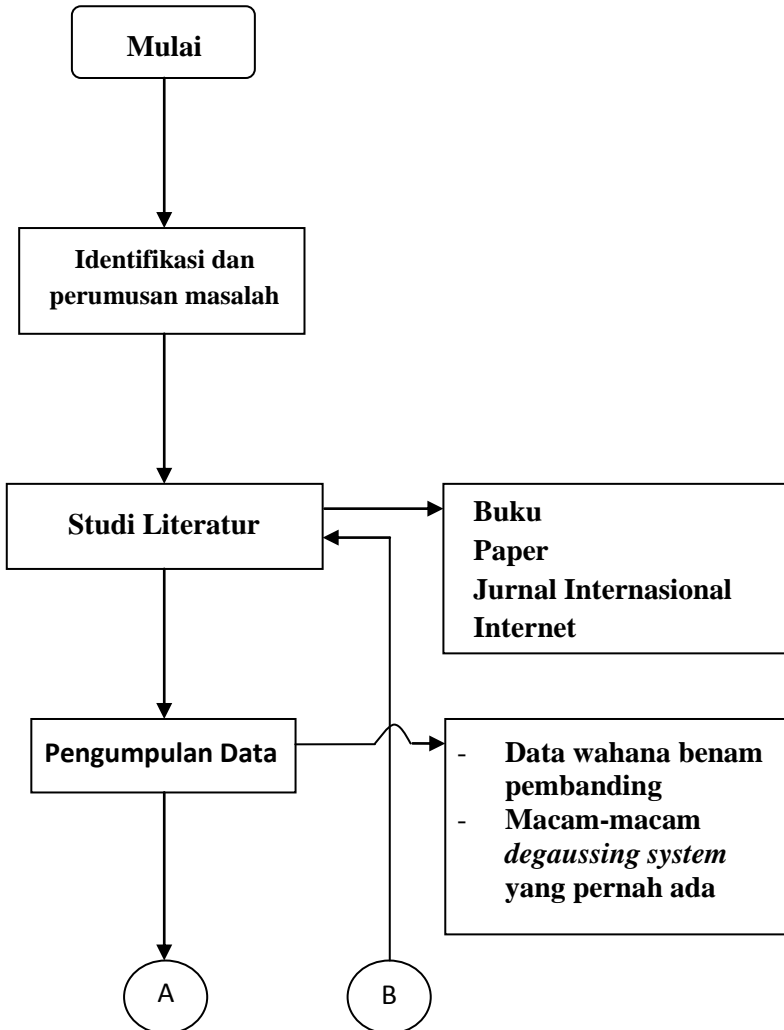
Ketika berada dekat permukaan, wahana benam dapat mengambil udara dan melepaskan gas buang melalui snorkel tertutup yang membuka di atas muka air. Selain periskop, antena radio, dan tiang-tiang lainnya, beberapa snorkel menyembul di bangunan atas, atau menara komando.

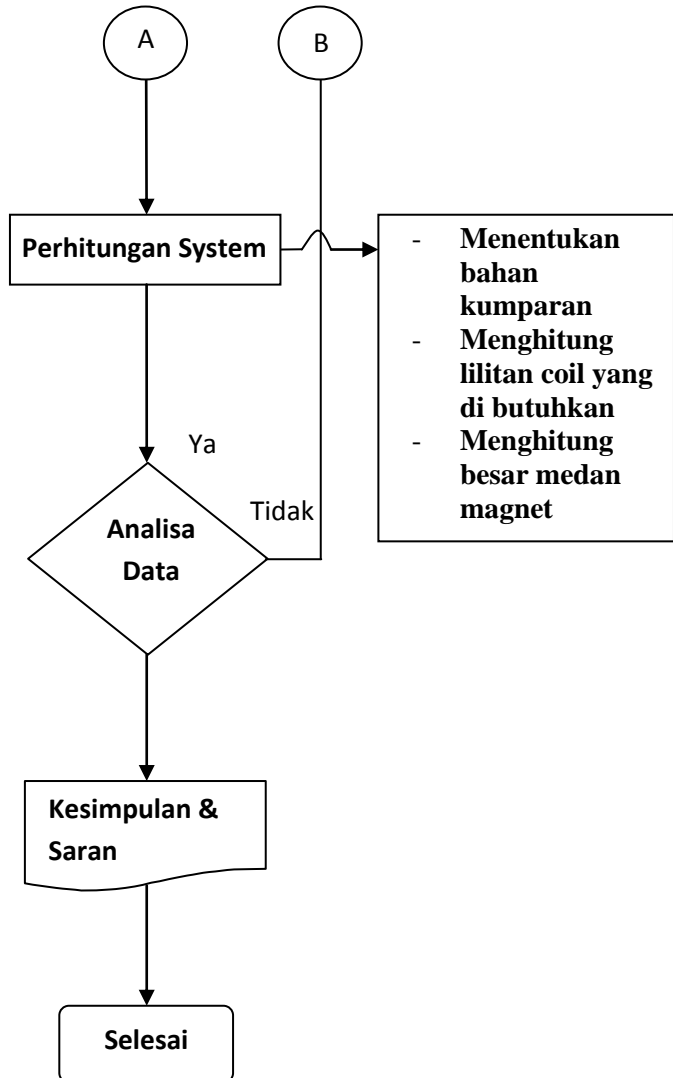
Udara dipantau setiap hari untuk menjamin agar kadar oksigennya mencukupi. Udara juga disalurkan lewat saringan yang menyingkirkan segala kotoran. Gas buang keluar melalui pipa terpisah.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB III

METODOLOGI





Gambar 3.1. Flow Chart Tugas Akhir

Metodologi merupakan penentuan tujuan dan langkah pengerjaan tugas akhir. Metodeologi berfungsi sebagai kerangka utama untuk menjadi langkah penentuan dan pembahasan. Metode yang dipakai dalam Tugas Akhir ini adalah Perhitungan sistem *degaussing*. Adapun langkah – langkah dalam metodologi pengerjaan Tugas Akhir ini antara lain :

3.1. Identifikasi dan Perumusan Masalah

Identifikasi dan Perumusan masalah adalah langkah awal dalam mengerjakan tugas akhir untuk mencari permasalahan yang tepat untuk diangkat sebagai tugas akhir dan memberikan solusi agar tugas akhir yang di kerjakan juga bias bermanfaat untuk pihak terkait.

3.2. Studi Literatur

Studi Literatur merupakan langkah selanjutnya dalam pengerjaan tugas akhir untuk mencari referensi dan bahan untuk dijadikan bahan analisa sesuai dengan referensi yang terpercaya sehingga mampu membantu pengerjaan tugas akhir. Studi literatur bisa diambil dari sumber referensi Dokumen atau Data Operasional, Buku Teknik, katalog dan Jurnal terkait.

3.3. Pengumpulan Data

Pengumpulan data merupakan langkah berikutnya sebagai bahan mentah dari data yang dibutuhkan untuk pengerjaan tugas akhir. Pengumpulan data sangat penting agar pengerjaan tugas akhir merujuk dari data yang kita peroleh. Pengumpulan data harus dari sumber konkret. Pengumpulan data tersebut meliputi : Text Book Wahana benam

3.4.Perhitungan Sistem

Dari Data Desain / Draft Desain sebelumnya dan Operasional *Requirement* maka dapat dilakukan perhitungan sistem. Dimana perhitungan sistem ini meliputi :

- a) Perhitungan Medan Magnet Bumi

- b) Perhitungan Medan Magnet yang di hasilkan oleh Wahana benam
- c) Perhitungan Medan Magnet yang di timbulkan oleh perlatan kelistrikan pada wahana benam
- d) Perhitungan Kebutuhan Lilitan
- e) Perhitungan Berat Komponen Degaussing System

3.5. Analisa Data

Analisa data digunakan untuk mengidentifikasi data-data yang di pergunakan dalam tugas akhir sudah sesuai dan benar atau tidak agar hasil dari tugas akhir ini dapat di jadikan sebagai refrensi dan bahan untuk melakukan perbaikan lainnya.

3.6. Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan dan Saran dibuat berdasarkan seluruh aspek dalam pembahasan tugas akhir ini.

BAB IV

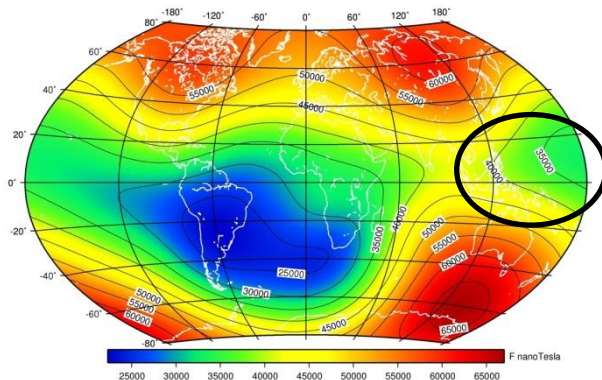
PEMBAHASAN DAN ANALISA

4.1 Perhitungan Medan Magnet

4.1.1 Medan Magnet Bumi

Variasi Medan Magnet Bumi adalah 0,25 Gauss - 0,65 Gauss atau 25.000 nanotesla – 65.000 nanotesla.

Dan besar medan magnet yang terdapat pada bagian wilayah perairan Indonesia adalah 35.000 - 50.000 nanotesla.



Gambar 4.1. Medan Magnet Bumi

4.1.2 Medan Magnet Yang Di Timbulkan Oleh Perengkapan Listrik Pada Wahana Benam

Medan magnet tidak hanya di timbulkan oleh magnet bumi saja, tetapi peralatan-peralatan listrik juga menghasilkan listrik, yang berbeda pada setiap peralatan, dengan menghitung medan magnet yang di timbulkan oleh perlengkapan-perengkapan listrik yang ada pada wahana benam akan membantu dalam perancangan system *degaussing* yang lebih akurat dan lebih optimal.berikut adalah Perhitungan perlengkapan listrik yang ada pada wahana benam:

Spesifikasi perlengkapan listrik utama pada wahana benam :

1. Generator

Buatan : Anton Piller Jerman

Type : NTB 10 – 1222

Kapasitas : 4 x 420 kW

Tegangan Output : 180 Volt – 340 Volt

2. Motor Pendorong Pokok

Buatan : Siemens Jerman

Type : VG.489/ 50 -12

Kapasitas : 2 x 1850 kW

Data pembandingan untuk perlengkapan listrik yang di gunakan dalam perhitungan ini

1. Generator

Nama Produk : Marathon Generators

Type : Magna Max 572RSS4270

Daya : 420 Kw

Frekuensi : 60 Hz

Putaran : 1800 Rpm

Jumlah Pole : 4

Jumlah Fase : 3

Tegangan : 346 Volt

2. Motor Pendorong Pokok

Nama Produk : Siemens

Type : 1GG5 635-5ES40-2YV5

Daya : 1610 Kw

Arus : 2100 A

Tegangan : 810 Volt

Putaran : 376 Rpm , Torsi : 40800 Nm

Effisiensi : 94%

Tahanan : 15,9 mΩ

Untuk mencari medan magnet yang ada pada peralatan listrik dapat menggunakan rumus :

- Hubungan Ampere dan Watt

$$P = V \times I$$

P = Daya Aktif (Watt)

I = Arus Listrik (Ampere)

V = Tegangan (Volt)

Jadi Untuk mencari Arus adalah :

$$I = \frac{P}{V}$$

1. Arus pada generator

$$\begin{aligned} I &= \frac{420.000}{3 \times 346 \times 0,8} \\ &= \frac{420.000}{830,4} \end{aligned}$$

$$I = 505,78 \text{ Ampere}$$

$$4 \times 505,78 = 2.023,12 \text{ Ampere}$$

2. Arus Pada Motor Pendorong Pokok

$I = 2.100$ Ampere (data pada spesifikasi katalog)

$$2 \times 2.100 = \mathbf{4.200 \text{ Ampere}}$$

3. Perlengkapan kelistrikan lain yang ada pada wahana benam sebesar 10% dari total besar arus pada motor pendorong pokok dan generator

$$= 10 \% \times (2.023,12 \text{ A} + 4.200 \text{ A})$$

$$= 10\% \times 6.223,12 \text{ A}$$

$$= 622,31 \text{ A}$$

Total Arus yang mengalir pada perlengkapan listrik utama wahana benam adalah :

$$2023,12 \text{ A} + 4.200 \text{ A} + 622,31 = \mathbf{6.845,432 \text{ Ampere}}$$

- Kuat medan magnet pada peralatan listrik

$$\mathbf{B = 4 \pi \times 10^{-7} \cdot I}$$

B = Kuat Medan Magnet (Tesla / T)

I = Arus Listrik (Ampere / A)

1. Kuat Medan Magnet pada Generator

$$B = 4 \pi \times 10^{-7} \cdot I$$

$$= 4 \times 3,14 \times 10^{-7} \times 2023,12$$

$$= 0,002541039 \text{ Tesla}$$

2. Kuat Medan Magnet Pada Motor

$$\begin{aligned} B &= 4 \pi \times 10^{-7} \cdot I \\ &= 4 \times 3,14 \times 10^{-7} \times 4200 \\ &= 0,0052752 \text{ Tesla} \end{aligned}$$

3. Kuat Medan Magnet pada Perlengkapan Listrik lain di wahana benam

$$\begin{aligned} B &= 4 \pi \times 10^{-7} \cdot I \\ &= 4 \times 3,14 \times 10^{-7} \times 622,31 \\ &= 0,0007816 \text{ Tesla} \end{aligned}$$

Total medan magnet yang mengalir pada perlengkapan listrik utama wahana benam adalah :

$$0,0025 \text{ Tesla} + 0,0053 \text{ Tesla} + 0,0008 \text{ Tesla} = \mathbf{0,0086 \text{ Tesla}}$$

TOTAL Medan Magnet yang ada pada wahana benam adalah

$$\mathbf{0,00005 \text{ Tesla} + 0,0086 \text{ Tesla} = 0,00865 \text{ Tesla}}$$

4.2 Perhitungan *Degaussing System*

4.2.1 Perhitungan Kebutuhan Arus untuk *Degaussing System*

kebutuhan arus untuk degaussing system ini menggunakan sistem kerja dari toroida dimana kita menghitung kebutuhan bahan –bahan pada sistem degaussing dengan menggunakan formula sebagai berikut

$$B = \frac{\mu_0 N I}{2\pi a}$$

Dimana :

B = Medan magnet di tengah titik toroida dalam **Tesla (T)**

N = Jumlah lilitan pada Solenoida dalam **Lilitan**

i = Kuat arus listrik dalam **Ampere (A)**

a = Rata – rata jari-jari dalam dan jari-jari luar toroida dalam satuan

Meter (m)

$$\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} = 12,57 \times 10^{-7} \text{ (Tm/At)}$$

jika Diameter coil (a) dan Jumlah lilitan (N) di variasikan

a = 0,2 m / 0,3 m / 0,4 m (variasi diameter)

N = 500.000/ 600.000 / 700.000 /800.000 / 900.000 (variasi lilitan)

Maka

$$I = \frac{B \cdot 2\pi a}{\mu_0 \cdot N}$$

1. Pada diameter 0,2 meter

- **Untuk lilitan 500.000**

$$\begin{aligned} I &= \frac{0,0086 \times 2 \times 3,14 \times 0,2}{4 \times 3,14 \times 10^{-7} \times 500.000} \\ &= \frac{0,00988}{0,628} = \mathbf{0,016 \text{ Ampere}} \end{aligned}$$

- **Untuk lilitan 600.000**

$$I = \frac{0,0086 \times 2 \times 3,14 \times 0,2}{4 \times 3,14 \times 10^{-7} \times 600.000}$$

$$= \frac{0,00988}{0,754} = \mathbf{0,013 \text{ Ampere}}$$

- **Untuk lilitan 700.000**

$$I = \frac{0,0086 \times 2 \times 3,14 \times 0,2}{4 \times 3,14 \times 10^{-7} \times 700.000}$$

$$= \frac{0,00988}{0,879} = \mathbf{0,011 \text{ Ampere}}$$

- **Untuk lilitan 800.000**

$$I = \frac{0,0086 \times 2 \times 3,14 \times 0,2}{4 \times 3,14 \times 10^{-7} \times 800.000}$$

$$= \frac{0,00988}{1,005} = \mathbf{0,0098 \text{ Ampere}}$$

- **Untuk lilitan 900.000**

$$I = \frac{0,0086 \times 2 \times 3,14 \times 0,2}{4 \times 3,14 \times 10^{-7} \times 900.000}$$

$$= \frac{0,00988}{1,131} = \mathbf{0,0087 \text{ Ampere}}$$

2. Pada diameter 0,3 meter

- **Untuk lilitan 500.000**

$$I = \frac{0,0086 \times 2 \times 3,14 \times 0,3}{4 \times 3,14 \times 10^{-7} \times 500.000}$$
$$= \frac{0,01483}{0,628} = \mathbf{0,024 \text{ Ampere}}$$

- **Untuk lilitan 600.000**

$$I = \frac{0,0086 \times 2 \times 3,14 \times 0,3}{4 \times 3,14 \times 10^{-7} \times 600.000}$$
$$= \frac{0,01483}{0,754} = \mathbf{0,020 \text{ Ampere}}$$

- **Untuk lilitan 700.000**

$$I = \frac{0,0086 \times 2 \times 3,14 \times 0,3}{4 \times 3,14 \times 10^{-7} \times 700.000}$$
$$= \frac{0,01483}{0,879} = \mathbf{0,017 \text{ Ampere}}$$

- **Untuk lilitan 800.000**

$$I = \frac{0,0086 \times 2 \times 3,14 \times 0,3}{4 \times 3,14 \times 10^{-7} \times 800.000}$$
$$= \frac{0,01483}{1,005} = \mathbf{0,015 \text{ Ampere}}$$

- **Untuk lilitan 900.000**

$$I = \frac{0,0086 \times 2 \times 3,14 \times 0,3}{4 \times 3,14 \times 10^{-7} \times 900.000}$$

$$= \frac{0,01483}{1,131} = \mathbf{0,013 \text{ Ampere}}$$

3. Pada diameter 0.4 meter

- **Untuk lilitan 500.000**

$$I = \frac{0,0086 \times 2 \times 3,14 \times 0,4}{4 \times 3,14 \times 10^{-7} \times 500.000}$$

$$= \frac{0,00988}{0,628} = \mathbf{0,031 \text{ Ampere}}$$

- **Untuk lilitan 600.000**

$$I = \frac{0,0086 \times 2 \times 3,14 \times 0,4}{4 \times 3,14 \times 10^{-7} \times 600.000}$$

$$= \frac{0,01977}{0,754} = \mathbf{0,026 \text{ Ampere}}$$

- **Untuk lilitan 700.000**

$$I = \frac{0,0086 \times 2 \times 3,14 \times 0,4}{4 \times 3,14 \times 10^{-7} \times 700.000}$$

$$= \frac{0,01977}{0,879} = \mathbf{0,022 \text{ Ampere}}$$

- **Untuk lilitan 800.000**

$$I = \frac{0,0086 \times 2 \times 3,14 \times 0,4}{4 \times 3,14 \times 10^{-7} \times 800.000}$$

$$= \frac{0,01977}{1,005} = \mathbf{0,020 \text{ Ampere}}$$

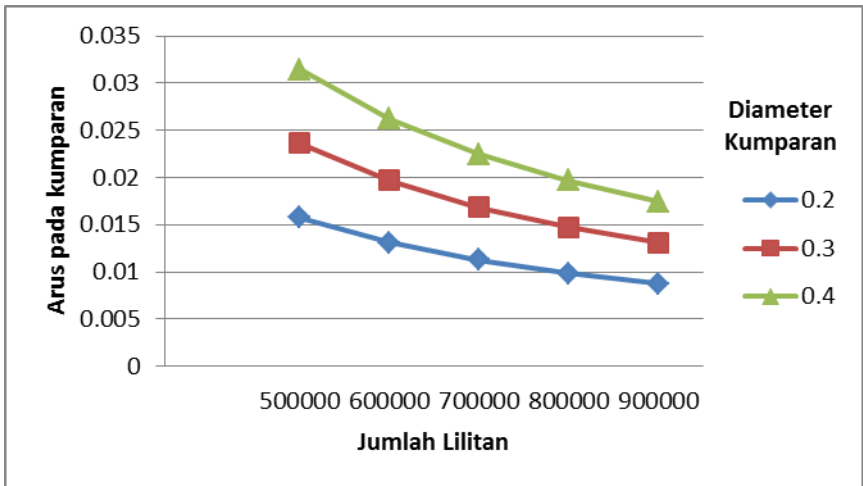
- **Untuk lilitan 900.000**

$$I = \frac{0,0086 \times 2 \times 3,14 \times 0,4}{4 \times 3,14 \times 10^{-7} \times 900.000}$$

$$= \frac{0,01977}{1,131} = \mathbf{0,017 \text{ Ampere}}$$

Tabel 4.1. Arus yang mengalir pada kumparan untuk variasi diameter dan lilitan

Diameter			
Lilitan	0,2	0,3	0,4
500.000	0,01574	0,02361	0,03148
600.000	0,013117	0,019675	0,026233
700.000	0,011243	0,016864	0,022486
800.000	0,0098375	0,0147563	0,019675
900.000	0,008744	0,013117	0,017489



Gambar 4.2. Grafik arus yang mengalir pada kumparan untuk variasi diameter dan lilitan

Dari hasil perhitungan yang dilakukan untuk mengetahui arus yang di hasilkan dengan melakukan variasi terhadap diameter coil dan jumlah lilitan yang di gunakan, dapat di ketahui bahwa tabel dan grafik menunjukkan bahwa :

1. Fungsi jumlah lilitan berbanding terbalik dengan besarnya diameter coil yang digunakan.
2. Semakin banyak lilitan yang di gunakan maka semakin kecil jumlah arus yang di hasilkan.
3. Semakin besar diameter coil yang di gunakan maka semakin besar arus yang di hasilkan.

Oleh karena itu untuk menentukan berapa banyak lilitan berapa besar diameter yang di gunakan. Ada faktor –faktor yang harus juga di perhatikan, yaitu :

1. **Harga Bahan Baku** : semakin banyak lilitan dan semakin besar diameter yang di gunakan makan semakin mahal juga biaya bahan baku pembuatannya.
2. **Berat Instalasi** : semakin banyak lilitan dan semakin besar diameter yang di gunakan makan semakin besar massa yang di hasilkan, dan penambahan berat pada wahana benam sangat berpengaruh sekali terhadap kestabilan kapal.
3. **Konsumsi Tenaga Listrik** : semakin besar arus yang dihasilkan juga berpengaruh terhadap konsumsi energy listriknya, meminimalkan penggunaan energy listrik pada kapal wahana benam sangat di perhitungkan untuk memaksimalkan operasional kapal.
4. **Instalasi Sistem** : kemudahan dalam pemasangan degaussing system juga perlu di perhatikan, karena ruang di wahana benam sangat terbatas dan pemanfaatan ruangan di dalamnya sangat diperhatikan letak dan keamanannya, selain itu agar mudah dalam perawatannya.
5. **Ketersediaan bahan baku** : Hal terakhir tidak kalah penting adalah ketersediaan bahan baku, agar ketika pembangunan instalasi sistemnya tidak terkendala pada ketiadaan bahan baku, kehabisan stok maupun kesulitan dalam mencari part saat melakukan perbaikan dan perawatan sistem *degaussing*.

Berdasarkan penilaian terhadap faktor-faktor diatas, di tentukan untuk diameter yang di gunakan pada sistem *degaussing* ini adalah sebesar **0.2 meter** dan untuk jumlah lilitan yang akan di gunakan adalah sebanyak **500.000 lilitan**. Dengan hasil analisa bahwa :

- Dengan menggunakan sedikit bahan maka harga pembelian bahan akan kecil
- Dengan menggunakan sedikit bahan maka berat yang di hasilkan akan sedikit.
- Dengan menggunakan sedikit bahan maka pemasangan dan penggunaan ruang pada wahana benam akan lebih efisien
- Untuk Energi listrik yang di konsumsi tidak terlalu besar.

4.2.2 Perhitungan Inti Coil *Degaussing*

Perhitungan inti coil yang di butuhkan untuk wahana benam adalah mengacu pada dimensi kapal itu sendiri, karena inti coil ini akan di pasang mengelilingi kapal sesuai bentuk dari kapal, dan berikut adalah detail kebutuhan inti coil :

Dimensi Kapal :

LOA (P) : 59,57 meter

Diameter dalam kapal (D) : 6,2 meter

- M Coil = $2 \times (59,57 + 6,2)$
= 131,54 meter
- F Coil = $2 \times (14,54 + 6,2)$
= 41,48 meter
- Q Coil = $2 \times (14,54 + 6,2)$
= 41,48 meter

Total panjang inti coil yang terpasang pada wahana benam adalah :

$$131,54 + 41,48 + 41,48 = \mathbf{214,5 \text{ meter}}$$

4.2.3 Perhitungan Panjang Kawat Tembaga *Degaussing*

Perhitungan panjang kawat tembaga pada instalasi *degassing* adalah sebagai berikut :

Data input

Jumlah Lilitan : 500.000 lilitan

Diameter Inti Coil : 0,2 meter

Jadi, Panjang kawat tembaga yang di butuhkan adalah

$$= \text{Diameter Inti Coil} \times \text{Jumlah Lilitan}$$

$$= 0,2 \times 500.000$$

$$= \mathbf{100,000 \text{ meter}}$$

4.2.4 Perhitungan Diameter Kawat Tembaga *Degaussing*

Dari perhitungan – perhitungan sebelumnya, maka perhitungan diameter kawat tembaga *degaussing* dapat dilakukan dengan perhitungan sebagai berikut :

Data input

Jumlah Lilitan : 500.000 lilitan

Panjang Inti Coil : 214,5 meter

Jadi, Diameter yang dibutuhkan adalah

$$= \frac{\text{Panjang Inti Coil}}$$

$$\text{Jumlah Lilitan}$$

$$= \frac{2.145.000 \text{ mm}}{500.000} = 0,429 \text{ mm} / \approx \mathbf{0,43 \text{ mm}}$$

Jadi diameter kawat tembaga yang di perlukan pada instalasi degaussing ini adalah **0,43 mm**

4.2.5 Perhitungan Berat Instalasi Degaussing System

Dari hasil perhitungan – perhitungan sebelumnya dapat di ketahui berat dari komponen degaussing system :

- Degaussing Switch Board (Berdasarkan Spesifikasi Alat)
Memiliki berat : **389 Kg**

- Inti Coil

$$\begin{aligned}
 \text{Berat Inti Coil} &= \text{Luas Inti Coil} \times \text{Masa Jenis Besi} \\
 &= \pi r^2 t \times \gamma_{\text{besi}} \\
 &= 3,14 \times (0,1)^2 \times 214,5 \times 7,86 \\
 &= 52,939 \text{ Kg} / \approx \mathbf{52,94 \text{ Kg}}
 \end{aligned}$$

- Kawat Tembaga

$$\begin{aligned}
 \text{Berat Kawat} &= \text{Luas Kawat} \times \text{Masa Jenis Tembaga} \\
 &= \pi r^2 t \times \gamma_{\text{tembaga}} \\
 &= 3,14 \times (0,00042)^2 \times 100.000 \times 8,93 \\
 &= 0,4946 \text{ Kg} / \approx \mathbf{0,49 \text{ Kg}}
 \end{aligned}$$

Jadi Total berat dari instalasi degaussing system ini adalah :
 $389 \text{ kg} + 52,94 \text{ kg} + 0,49 \text{ kg} = \mathbf{442,43 \text{ kg}}$

4.3 Instalasi *Degaussing System*

Instalasi *Degaussing System* yang terpasang pada wahana benam di tunjukan oleh gambar 4.3 Wiring Diagram *Degaussing System*, gambar tersebut menunjukan detail Instalasi M coil, F coil, dan Q coil, serta skema pasokan daya dari *degaussing power supply* ke coil.

Pada instalasi kumparan di bentuk dan di hubungkan untuk mendapatkan bentuk yang diinginkan sesuai dengan ukuran yang telah di hitung. Zona pada tiap daerah pelayaran menentukan perbedaan jumlah arus yang di dibutuhkan oleh *degaussing* meskipun hanya terdapat sedikit perbedaan, akan tetapi hal itu dibutuhkan untuk keakuratan sistem. Arus yang di dibutuhkan di atur oleh rheostats dengan mengatur besar kecilnya arus yang akan di alirkan ke coil *degaussing*

dengan cara motor dioperasikan oleh rangkaian rheostat untuk memberikan perintah membalikkan arus medan pembangkit.

Untuk menghilangkan efek deviasi yang di sebabkan oleh kompas yang dapat menyebabkan efek deviasi pada penyimpangan *degaussing system* ini kompas prefabrikasi kompensasi coil dipasang di *binnacles* dan *fed* untuk menghilangkan gangguan pada degaussing coil. Dengan cara menyesuaikan resistor, arus dalam kompas kompensasi kumparan diatur untuk menetralsir efek dari kumparan degaussing pada jarum kompas. Setelah penyesuaian ini dibuat, arus kompensasi akan bervariasi sebagai arus *degaussing* dan secara otomatis menghasilkan kompensasi yang benar untuk semua arus *degaussing*.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 KESIMPULAN

Dari Perhitungan yang telah dilakukan dalam Tugas Akhir ini dapat di simpulkan sebagai berikut :

1. Perhitungan *Degaussing System* pada wahana benam menghasilkan Medan Magnet Sebesar 0,00865 Tesla (T) dan besarnya medan magnet yang di hasilkan sangat efektif untuk menghilangkan kemagnetan pada kapal yang di sebabkan oleh peralatan listrik yang menimbulkan listrik dan magnet dari bumi sebesar 0,00865 Tesla.
2. Kebutuhan teknis untuk perancangan instalasi *degaussing system* adalah arus yang di gunakan sebesar 0,01574 Ampere, dengan jumlah lilitan sebanyak 500.000 lilitan, panjang coil utama sebesar 214,5 meter dengan diameter 0,2 meter terdiri dari 131,54 meter untuk M Coil, 41,48 untuk F Coil dan 41,48 untuk Q Coil. Sehingga berat Seluruh instalasi yang terpasang pada kapal adalah 442,43 Kg

5.2 SARAN

Dalam Tugas akhir ini masih memerlukan data – data yang lebih banyak dan lengkap agar hasil dari perhitungan lebih akurat, serta penggunaan metode *degaussing* yang lain untuk membandingkan metode mana yang paling efektif untuk menghilangkan magnet pada wahana benam. Serta dibutuhkan penggambaran dan perancangan metode degaussing ini pada wahana benam.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Nicholas B. Michel 1948. Shipboard Degaussing “Installations for Protection Against Magnetic Mines”.
- [2] Shengdao Liu, Guohua Zhou, Changhan Xiao, Daming Liu, 2009.” The Study on the Deployment Regions of Magnetic Sensors in the Closed Loop Degaussing System for Double Hull Submarines.” College of Electrical and Information Engineering Naval University of Engineering Wuhan, China.
- [3] Bob Gordon, 1984. “The demagnetisation of ships”. England
- [4] Raveendra Varma, R A. 2014. “Design of Degaussing System and Demonstration of Signature Reduction on Ship Model through Laboratory Experiments”. Naval Science and Technological Laboratory (NSTL), DRDO, Visakhapatnam, India
- [5] I. S. FRASER, B.Sc, A. A. READ,* and B. E. VIEYRA, B.Sc. 1945.”The Electrical Engineering Aspect of Degaussing”
- [6] Jacob T. Kephart, Brian K. Fitzpatrick, Peter Ferrara, Michael Pyryt, Jules Pienkos, and E. Michael Golda. 2011. “High Temperature Superconducting Degaussing From Feasibility Study to Fleet Adoption”.
- [7] Gossage, R. J. B.Sc. 1946, “ The Use Of Ship Models Magnetically To Scale In Degaussing Research.”
- [8] Potts, W. C., M.Sc, F.Inst.P. 1946. “The Magnetic Field of a Ship and its Neutralization by Coil Degaussing”
- [9] I. S. Fraser, B.Sc, Associate Member,* A. A. Read,* and
- [10] B. E. Vieyra, B.Sc, Associate Member, 1946’ “The Electrical Engineering Aspect of Degaussing”

- [11] R. A. Robinson, 1948. "Compensation of Effects of Degaussing Coils on Shipboard Magnetic Compasses by Use Compass-Compensating Coils."
- [12] Nak-Sun Choi, Giwoo Jeung, Chang-Seob Yang, Hyun-Ju Chung, and Dong-Hun Kim. 2012. "Optimization of Degaussing Coil Currents for Magnetic Silencing of a Ship Taking the Ferromagnetic Hull Effect Into Account", IEEE Transaction of Applied Superconductivity
- [13] <http://fisikazone.com/hukum-coulomb/>[diakses tahun 2016]
- [14] <https://belajar.kemdikbud.go.id/SumberBelajar/tampilajar.php?ver=11&idmateri=355&mnu=Materi5&kl=12> [diakses tahun 2016]
- [15] <http://www.berpendidikan.com/2015/10/medan-magnet-disekitar-arus-listrik.html>[diakses tahun 2016]
- [16] <https://artikelnesia.com/2012/09/18/medan-magnet-disekitar-kawat-berarus-listrik/>[diakses tahun 2016]
- [17] <http://www.gatewan.com/2015/12/mengenal-hukum-gauss.html> [diakses tahun 2016]
- [18] <http://siskamahabbahislam.blogspot.co.id/2014/03/fliks-listrik-dan-hukum-gauss.html> [diakses tahun 2016]
- [19] electricalfundablog.com/blog/ [diakses tahun 2016]
- [20] <http://navyadministration.tpub.com/14220/css/The-Shipboard-Degaussing-System-66.htm> [diakses tahun 2016]
- [21] <http://fas.org/man/dod-101/navy/docs/swos/eng/62B-303.html>[diakses tahun 2016]
- [22] https://en.wikipedia.org/wiki/Naval_mine[diakses tahun 2016]

BIODATA PENULIS

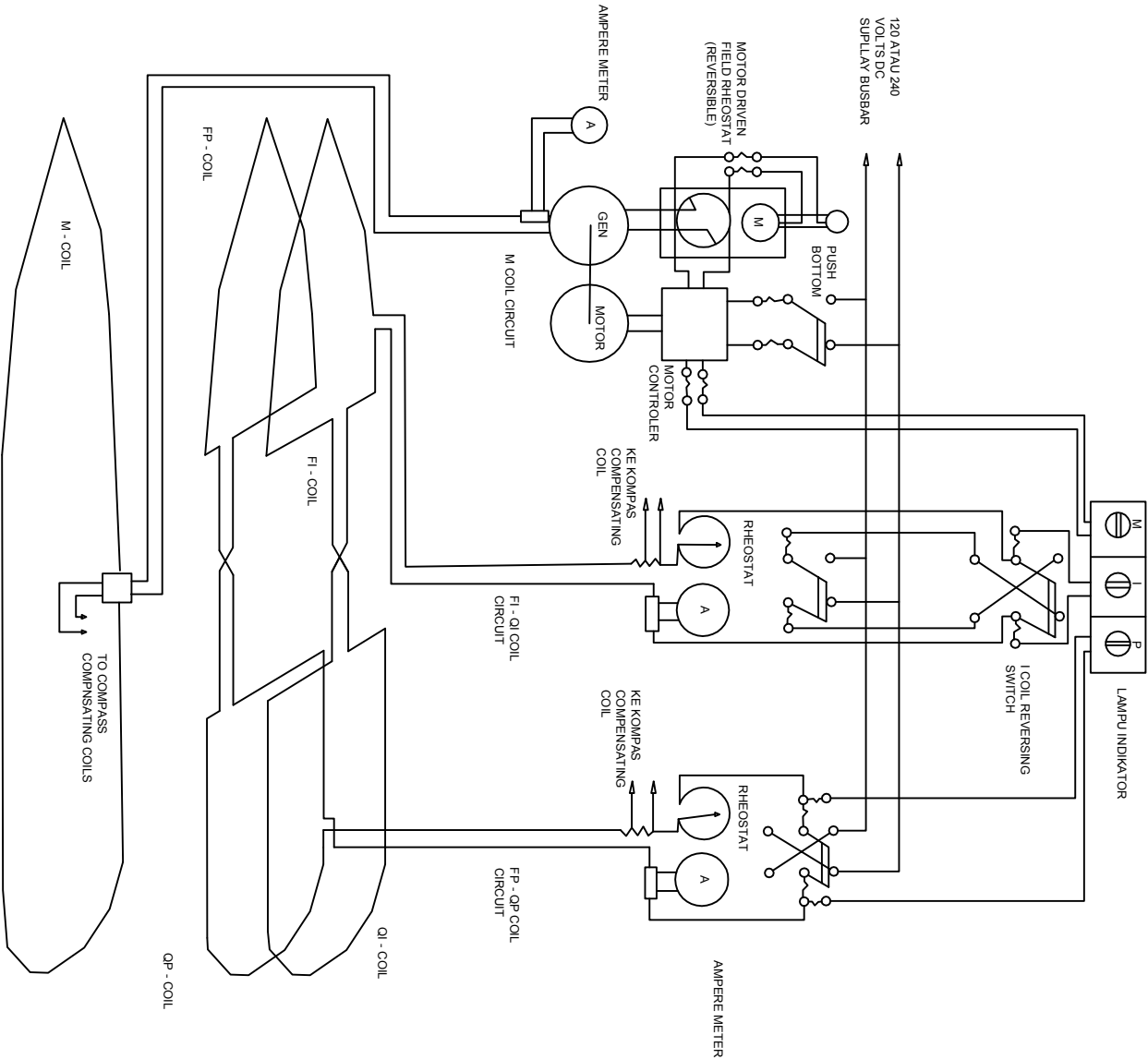


Penulis dilahirkan di Surabaya, Jawa Timur pada tanggal 13 Mei 1989. Merupakan anak kedua dari dua bersaudara. Alumni MI Sunan Giri, MTs Negeri 1 Surabaya, SMK PGRI 4 Surabaya dan Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya. Setelah itu penulis melanjutkan studi Strata 1 di Jurusan Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, ITS melalui jalur penerimaan Lintas Jalur dan mengambil konsentrasi bidang keahlian *Marine Electrical and Automation System* (MEAS). Selama perkuliahan penulis juga aktif sebagai member di Laboratorium *Marine Electrical and Automation System*. Setelah lulus dari Diploma pada 2011 penulis juga pernah bekerja di PT Pamapersada Nusantara Sebagai Planner di Departement Repair and Maintenance selama 3 Tahun.

e- mail: awenk.x13@gmail.com

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

REV	DATE	CREATED	SKETCH	APPROVED	REVISION DESCRIPTION





THE DEPT. OF MARINE ENGINEERING - ITS

FINAL PROJECT DEGAUSSING SYSTEM

DRAWING TITLE:		DRAWN BY:		SHEET: 1 OF 1	
DEGAUSSING WIRING		Anggela Wahyu Kurniawan NRP. 4214 106 011		SKETCH	
DATE:		APPROVED BY:		DATE:	
SCALE:		DRAWING NO.:		REVISION:	
				0 1 2 3 4	